

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 17 日現在

機関番号：32613

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23686081

研究課題名(和文) 都市減災・早期復興に資する震災廃棄物起源材料の高度利活用研究

研究課題名(英文) The extra-remedial methods and activity of utilizing the earthquake waste materials for preventing disaster and developing reconstruction of the urban area

研究代表者

田村 雅紀 (Tamura, Masaki)

工学院大学・公私立大学の部局等・准教授

研究者番号：80315754

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 8,400,000円、(間接経費) 2,520,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、建築ストックが、地震災害等により大量に発生した災害廃棄物を迅速かつ適正に処理可能とする方法・システムを具体的に提示した。続いて、震災廃棄物起源材料を分類し、再び建築材料に利活用した際の環境影響を評価した上で、実際に震災廃棄物起源材料を混和した各種建材を製造・性能評価を行なった。なお、研究開始直後に、東日本大震災が発生したため、実災害時に生じる課題を反映しながら研究を遂行した。

研究成果の概要(英文)：In Japan, lots of concrete structures have been growing older and deteriorating the structural qualities these days. So the disaster preventions of building stocks under big earthquake in urban and regional areas toward the near future would be necessary for developing the suitable and speedy remedial activity.

In this study, it was cleared that the environmental effects by dismantling concrete structures, transporting constituted rubbles and recycling these dismantled materials as building raw materials or products. After the results, the fundamental, mechanical, durable properties were investigated experimentally, and finally the objectives of the study regarding the extra-remedial methods and activity of utilizing the earthquake waste materials for preventing disaster and developing reconstruction of the urban area could be accomplished in comparison with the usual and the disaster situations including the situations of 311 East Japan Big Earthquake.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築構造・材料

キーワード：震災廃棄物 再資源化 減災・復興 事業機能継続 建設材料 副産物 コンクリート 廃木材

1. 研究開始当初の背景

総務省統計局の人口動態に関するデータに基づけば、日本の人口が1億2000万人台で減少傾向にあるうち、その全体の10%程度にあたる1200万人程度が東京都に、30%程度にあたる3,500万人程度が1都6県を基本とする東京都市圏において、高度に集積した社会・生活拠点を築いている。一方、内閣府の中央防災会議における首都直下地震の専門調査会では、近い将来、マグニチュード7級の巨大地震が発生する確率は、調査段階から10年以内で30%、30年以内で70%程度としており、発生直後には、交通インフラの不全化で400万人以上が帰宅困難になり、様々な都市施設は破壊・損傷を受け、最終的な都市被害総額は100兆円規模に達するといわれている。そして現在、震災後の復興シナリオは被害実態に対応した形で対策技術を具体化することが困難な状況となっている。

過去に阪神淡路大震災では、1500万トンともいわれる建設廃棄物が瞬時に発生し、廃棄物処理の静脈インフラは機能不全となり、結果、廃棄物の海洋への投棄も含め、自然環境破壊を生じさせながら復興処理を行う多大な自然環境への負荷を与えた。そして首都直下型地震では、阪神淡路大震災の6.4倍、つまり9600万トンの廃棄物が瞬時に発生する想定も示されており、これは国内全体の年間産業廃棄物発生量7700万トン程度を超える量となることから、もはや回復不能な甚大災害に繋がるおそれがある。

本研究は、上記を踏まえ、「都市減災・早期復興に資する震災廃棄物起源材料の高度利活用研究」として、都市圏に蓄積した建築物等を構成する「都市基盤材料」の物性・蓄積量分析、都市基盤材料が震災廃棄物となった際の「震災廃棄物起源材料」の物性・発生量分析、震災廃棄物起源材料を用いた「再生建設資材」の開発および高度利活用方策の提示を主要な研究課題として位置づけ、研究を展開する。

申請者は、これまでに日本建築学会、日本コンクリート工学協会などにおける環境に配慮したコンクリート建造物の設計施工に関わる研究プロジェクトに継続的に関わるとともに、ISO/TC59/SC17(建築におけるサステナビリティ検討委員会)、ISO/TC71/SC8(コンクリート構造物の環境マネジメント規格化委員会)、fib(国際コンクリート連合)のCommission 3(環境に配慮したコンクリート構造物の設計施工に関する第3委員会)などの国際的な専門家活動を通じて、環境に配慮した建設活動に関わる世界の最先端の情報を取り扱い、都市基盤の安定化と環境インパクトの低減に寄与する対策技術・手法の分析を試みてきた。

これらの活動を通じ、日本では、解体廃棄物の全量を建設資材として再資源化させるような他国にない特殊技術も生じており、拡大的普及に向けた取り組みも見られる状況

である。本研究で提案する技術は、震災時における「減災」と「早期復興」を具体的に対処するものとして位置づけられる可能性もあり、事業体のみならず地域レベル、都市レベルでの震災後の機能継続性に大きく貢献するものになる。

2. 研究の目的

本研究は、震災リスクの高まりとともに、高度に建物が集積した首都圏において、首都直下地震発生直後からの廃棄物処理の迅速・適正化により実現する減災対策と、早期の復興の実現に貢献し得る技術的方策を提示することを目的とする。検討の流れは、都市圏に蓄積した建築物等を構成する「都市基盤材料」の物性・発生量分析を行なった後に、都市基盤材料が震災廃棄物となった際の「震災廃棄物起源材料」の物性・発生量を推計し、最終的に、震災廃棄物起源材料を用いた「再生建設資材」の開発および高度利活用方策の提示する形で実現する。

3. 研究の方法

本研究は、研究期間中に次に示す3つの大課題に対する成果を導く。

(平成23年度：A 都市圏に蓄積した建築物等を構成する「都市基盤材料」の物性・蓄積量分析)

1.1 東京都市圏に流入するレディーミクストコンクリート(関東一区)の使用原材料・骨材産地および構造体コンクリート物性評価値のデータベース化

1.2 各種廃棄物起源材料の収集、化学組成分析ならびに微細構造分析

1.3 東京都市圏に流入するセメント/骨材/コンクリートの需要量推計

(平成24年度：B 都市基盤材料が震災廃棄物となった際の「震災廃棄物起源材料」の物性・発生量分析)

2.1 想定される震災廃棄物起源材料の物性分類化(アスベスト等も含む)

2.2 震災廃棄物起源材料モデルの作製と物理化学的特性分析

2.3 東京都市圏に流入する鉄筋コンクリート造建築物の年あたり蓄積量/累積蓄積量の推計

2.4 東京都市圏に流入する鉄筋コンクリート造建築物建設に伴う資源利用・輸送時環境負荷量の推計

(平成25年度：C 震災廃棄物起源材料を用いた「再生建設資材」の開発および高度利活用方策の提示)

3.1 震災廃棄物起源材料を用いた環境負荷低減型コンクリート混和材料の開発と実証化

3.2 震災廃棄物起源材料を用いた無機・有機融合材料のプロトタイプ作製

3.3 震災廃棄物起源材料の高度利活用時の環境インパクト評価と費用便益分析

4. 研究成果

平成23年度は、以下の3つの研究課題に対して検討を行った。以下に得られた成果の概要を示す。

1) 首都圏におけるコンクリート材料およびコンクリート構造物構成資材の環境特性値の調査

需要動向に関する統計情報の整理（東京都建築防災まちづくりセンター）、実際の建設現場での資材情報やヒアリング調査を基に、ストックの蓄積量とそれに伴い生じる製造時・施工時の環境負荷量を計算するための基礎的情報を整理した。

2) 各種廃棄物起源材料、震災廃棄物・災害対応資材の発生特性分析ならびに微細構造分析

当初計画に、東日本大震災の影響を考慮し、現場解体材、混合廃棄物、解体コンクリート塊、二次副産微粉末、災害廃棄物等および当該材料を用いた災害対応材料・資材を、砕石場、都内近郊中間処理場、再生骨材製造プラントおよび被災現場での情報収集、実験室レベルでの試験体の作製・評価を行い、平常時と災害時を区別した物質・材料・資材の発生特性と材料性能を評価した。

3) 首都圏におけるコンクリート材料およびコンクリート構造物の需給構造環境負荷評価

上記1)2)における材料・資材情報および排出・廃棄物データを用いて、首都圏を対象とした条件に、災害地における地域性を踏まえた条件を加え、コンクリート材料およびコンクリート構造物を中心に材料・資材利用構造の評価、輸送車台サイズを意識した輸送時環境負荷量を評価するとともに、災害対応建材を用いた建材の基礎力学特性・耐久性を評価した。

なお、上記を通じ、当初は首都直下地震関連統計資料をもとに検討を進める計画であったが、東日本大震災が発生したことにより、被災現場に多数回赴き、短期～中長期的な視点での減災対策や環境影響をより具体的な調査・検証を踏まえ、今後の課題を見定めることができた。

平成24年度は、以下の4課題に対して検討を行った。得られた成果の概要を示す。

4) 震災廃棄物起源材料の物性分類化

東日本大震災における復旧・復興活動による廃棄物起源材料の利活用性が今後の震災対策に有効と考え、現地での震災廃棄物処理実態の調査や研究報告を行ない、木・RC造建物を中心に地域性を踏まえた震災廃棄物の分別状況・処理効率に基づく最終

処分段階までの運搬時二酸化炭素排出量を推計した。また震災廃棄物の高度利活用に不可欠となる機能的付加価値を上げるため、海洋生物殻を用いて近赤外線反射率を高められるような材料選定の具体の検証を行い、付加価値分類項についても抽出した。

5) 震災廃棄物起源材料モデルの作製と物理化学的特性分析

上記を踏まえ、震災廃木材と無機系材料を組み合わせた建設資材を想定し、いくつかの二次副産材も含めた震災廃棄物起源材料モデルを作製し、それらを複合化して得られる構造部材、下地・外装材を製造した。その基礎力学特性をはじめ受害（吸水）を想定した物性変化を実験的に評価した。また仮設住宅に適用される建材調査を使い手の立場を踏まえ実施し、建材が及ぼす住環境影響を評価した。

6) 東京都市圏におけるRC造建築物の年あたり蓄積量/累積蓄積量の推計

都市圏での情報整理には、地域別着工統計や生コン総出荷量実績値等が必要となるため、まず全国におけるマクロ的推計量を把握した。その過程で今後の課題として津波被害等も含めた災害劣化外力を踏まえた震災廃棄物起源材料の発生特性の評価が今後の課題となることが確認された。

7) 東京都市圏におけるRC造建築物建設に伴う資源利用・環境負荷量の推計

ロジスティクス分野におけるCO₂排出量算定方法等を踏まえ、震災復興時に重要となる資機材運搬・施工の高度合理化を図るシナリオを設定し、二酸化炭素排出量・経済性・人工量変化を評価した。

平成25年度は、最終成果に係る下記の3課題に対して検討を行った。得られた成果の概要を示す。

8) 震災廃棄物起源材料を用いた環境負荷低減型コンクリートと混和材料の開発と実証化（構造体）

災害時に使用可能な多種混合セメントによるレジリエンス対策として、中庸熱ポルトランドセメントと同等性能を確保できる普通セメントと各種混和材の混合材で製造したモルタルの基礎物性を評価するとともに、災害時の代替セメントとして運用する場合の課題をセメント工場等へのヒアリングにより抽出した。またコンクリート解体材を多量混和したコンクリートを製造し、副産微粉による頑強性、冗長性への影響を基礎力学特性より尺度化し、評価した。最後に、地震力や施工品質の変動を考慮した構造外壁の剥離剥落要因を実験的に評価し、維持保全リスクを算定した。

9) 震災廃棄物起源材料を用いた無機・有機融合材料の評価（下地・仕上材）

震災廃木材を含む無機有機混合外装材を製造し、使用時に要求される品質（熱電導率、退色性、雨水含浸性等）とCO₂固定量を評価した。また災害時の照度低下環境を想定し、内装材（壁紙）の認識度改善が可能な表層物性を評価した。

10) 災害時建物の高度利活用時の環境インパクト評価

災害時の防災・減災対策により建築機能の早期回復に資するレジリエンスの考え方を整理した上で、八王子地区で長期供用された建物から小径コア300本程度を多点採取し、外部環境の影響を踏まえた品質劣化度を評価した。その際、作業環境の影響を考慮するため境界騒音の周波数特性を分析した。更に仮設住宅に赴き、多様な環境条件（人とペットの共棲住環境ほか）における生活音響による影響インパクトを評価した。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計83件)

田村雅紀、依田和久、大島正記、斉藤順一、副産微粉を混和したコンクリートの災害時を含む品質保証と力学特性への影響、日本コンクリート工学会年次大会論文集(査読有)、第36号、2014、印刷中

田村雅紀、依田和久、大島正記、斉藤順一、二次副産材を混和したコンクリートの資源環境保全貢献性とフレッシュ性状への影響、日本コンクリート工学会年次大会論文集、(査読有)第35号、2013、pp.1927-1932

M. Tamura and Y. Nachi, The Packing System Analysis required to Evaluate CO₂ Emissions During Whole Building Materials Transportation, 3rd International Conference on Sustainable Construction Materials & Technologies (SCMT3), (査読有), 2013, T2-3-5

M. Tamura and Y. Nachi, Field Survey and Analysis on Transport Conditions of various Building Materials into Construction Site toward mitigating Environmental Impacts, First International Conference of Concrete Sustainability (ICCS 13), (査読有) 2013, S2-9-6

大岩優美、田村雅紀、木質バイオマス系無機有機混合外装材の品質評価と環境影響、日本建築学会関東支部研究発表会研究報告集1、(査読無)、2013、pp.245-248

田村雅紀、小川剛司、海洋生物殻を混和した多層構造型空隙コンクリート材料の遮熱性能に関する基礎的検討、2013年日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集、(査読無)2013、pp.9-12

小室清人、田村雅紀 炭素固定性を有する海洋生物殻を用いた鉄筋コンクリート造建築物のカーボンニュートラル性の検討、日本建築学会技術報告集 (査読有)、第40号 2012、pp.841-846

田村雅紀、熊谷早織ほか、ホウ酸-ケイ酸ナトリウム処理による茅葺上屋根材の難燃性評価、日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集(査読無)、2012、pp.231~234

金巻とも子、田村雅紀ほか 災害時における家庭動物共棲住環境のQOL改善を目的とした建築技術・システムに関する基礎的検討、日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集(査読無)、2012、pp.275-278

田村雅紀、田中良拓、首都圏で実施工された建築構造用コンクリートの色彩値と原材料物性因子との相関分析、第4回コンクリート構造物の非破壊検査シンポジウム論文集(査読無)2012、pp.197-202

田村雅紀、岡晴貴、旧基準鉄筋コンクリート造建築物の表層部における錆汁溶出特性と色彩値による劣化度評価、第4回コンクリート構造物の非破壊検査シンポジウム論文集(査読無)、2012、pp.203-208

小室清人、田村雅紀 炭素固定性を有する海洋生物殻を混入したモルタルの基礎力学特性、コンクリート工学年次論文報告集(査読有)、Vol.33, No.1307, 2011, CD-ROM

田村雅紀、水沼秀一、千崎大輔、名知洋子、建築仕上材を対象とした製造・輸送時の環境負荷評価、2011年日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集(査読無)、2011、pp.125-128

〔学会発表〕(計7件)

M. Tamura, Sustainability Design by Building Stock Utilization and Activation during Usual and Disaster Situation, International Workshop on concrete Sustainability, Takamatsu, Japan 2014年3月7日 Takamatsu, Japan

田村雅紀、嵩英雄ほか、高温にさらされたコンクリートの劣化におよぼすセメント・骨材と暴露条件の影響、(その5)高温暴露後の細孔量および細孔径分布の変化、日本建築学会学術講演梗概集、2012年9月12日、名古屋

田村雅紀, 岡野速人, 小室清人, 各種副産
微粉を混和したセメント系建築仕上げ材の
熱的物性変化, 日本建築学会学術講演梗概
集, 2011年8月25日, 東京

田村雅紀, 磯川光, 金巻とも子ほか, ペッ
ト共棲住環境のQOL改善を目的とした製造・
施工段階対策, その1 平常時における計画
と対応, 第2回社会貢献学会予稿集,
2011/12/10, 神戸

〔図書〕(計10件)

河合研至, 田村雅紀, 天野正喜, 上野敦,
兼松学, 小山明男, 日本コンクリート工学会,
コンクリートの環境テキスト
(案), 2013, 104(46-55, 61-104)

田村雅紀, 兼松学, 小山明男, 中島芳樹,
増子卓也, 李翰承, 国際化に対応する材料施
工分野の人材育成像, 日本建築学会材料施工
委員会学術講演会PD資料, 2013, 33(1-7)

田村雅紀ほか, 彰国社, ものづくり研究会
編, 建築生産 ものづくりから見た建築の
仕組み, 2012, 183(2, 3, 7, 13章)

田村雅紀ほか, 日本建築学会, 大会学術講
演会パネルディスカッション資料, ペット
と人が共棲できるユニバーサルデザイン建
材と居住空間のあり方, 2012, 134

田村雅紀ほか, 産業調査会・リサイクル廃
棄物事典編集委員会, 無機系材料の処理技
術, リサイクル・廃棄物事
典, 2012, (p. 599, p. 695)

〔その他〕

ホームページ等

工学院大学研究者情報データベース

<http://er-web.sc.kogakuin.ac.jp/Profiles/7/0000693/profile.html>

工学院大学田村研究室

<http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~dt40009/tamura/index.html>

6. 研究組織

田村雅紀 (TAMURA Masaki)

工学院大学・建築学部・准教授

研究者番号: 80315754